

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-5069

(P2003-5069A)

(43) 公開日 平成15年1月8日 (2003.1.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 13/24  
13/18  
15/16

G 0 2 B 13/24  
13/18  
15/16

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2001-189281(P2001-189281)

(22) 出願日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(71) 出願人 592171153

株式会社栃木ニコン

栃木県大田原市実取770番地

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 藤田 貴徳

栃木県大田原市実取770番地 株式会社栃

木ニコン内

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

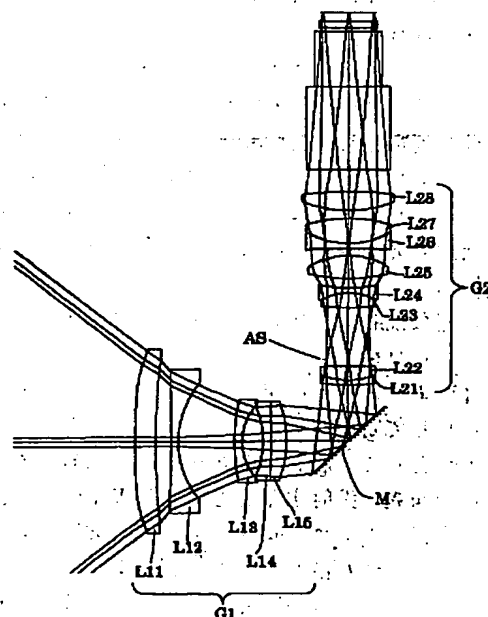
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射レンズ系

(57) 【要約】

【課題】 広画角で且つ短距離投射であっても長いバックフォーカスと大きな軸外光量とテレセントリック性を確保し、しかも歪曲収差を含む諸収差の小さい投射レンズ系。

【解決手段】 拡大側から順に、負屈折力の第1レンズ群G1と、正屈折力の第2レンズ群G2とを備えている。第1レンズ群において、最も拡大側に配置された第1レンズL11が非球面を有する。空気換算時のバックフォーカスをBfとし、レンズ系全体の焦点距離をfとし、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔の空気換算値をD12とし、第1レンズ群の焦点距離をf1としたとき、 $4.0 < Bf/f$ 、 $3.0 < D12/f < 5.0$ 、 $1.0 < |f1/f| < 3.0$ の条件を満足する。



BEST AVAILABLE COPY

(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群において、最も拡大側に配置された第1レンズが非球面を有し、

空気換算時のバックフォーカスを $Bf$ とし、レンズ系全体の焦点距離を $f$ とし、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔の空気換算値を $D12$ とし、前記第1レンズ群の焦点距離を $f1$ としたとき、

$$4. \quad 0 < Bf / f$$

$$3. \quad 0 < D12 / f < 5. \quad 0$$

$$1. \quad 0 < |f1 / f| < 3. \quad 0$$

の条件を満足することを特徴とする投射レンズ系。

【請求項2】 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の光路中には、前記第1レンズ群から前記第2レンズ群に至るべき光束の光路を変更するための光路変更手段が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の投射レンズ系。

【請求項3】 共役長を一定としたとき、レンズ系全体を拡大側に移動させつつ、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔を減少させることにより、投影倍率を高倍側から低倍側へ変化させることを特徴とする請求項1または2に記載の投射レンズ系。

【請求項4】 投影距離を変えて投影倍率を変化させるとき、レンズ系全体を移動させるとともに前記第1レンズ群の一部または全部を移動させてフォーカシングを行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の投射レンズ系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投射レンズ系に関し、例えば空間光変調素子等の表示素子に表示された画像を固定された有限距離にてスクリーンに拡大投射する投射レンズ系として、空間光変調素子側の色合成プリズムに対して良好なテレセントリック性能を有し、さらに低歪曲で優れた色特性を有する投射レンズ系であって、特にプロジェクション表示装置の薄型化および小型化に好適な投射レンズ系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、プロジェクション表示装置が広く普及している。このようなプロジェクション表示装置の1つとして、透過型のスクリーンに対してその背面側から画像光を投射することにより表示を行う、いわゆる背面投射型のプロジェクション表示装置が知られている。この種の背面投射型のプロジェクション表示装置では、例えば、白色光源の光をリフレクタ等によりコリメートした光束が、色分解ミラーで、赤、緑、青の3色の光束に分解される。そして、これら3色の光束は、赤、緑、青の映像電気信号に応じて形成される各空間光変調素子

等に入光される。これら赤、緑、青に対応する各空間光変調素子等上に得られた像光は、色合成光学系にて白色に色合成され、投射レンズを介して透過型のスクリーン上に拡大投射される。

【0003】なお、同様な構成のレンズとして、クイックリターンミラーによる制限等を考慮して、バックフォーカスの長い一眼レフカメラ用の広角系の写真レンズや、CRTによるプロジェクションテレビ用の広角投射レンズも数多く提案されている。また、プロジェクション表示装置として、投射レンズを形成するレンズ系において、例えば光路を $90^\circ$ 変更する構造を採る場合がある。これにより、プロジェクション表示装置内における投射装置の筐体の配置方向や、投射装置内部の色分離から色合成までの各種光学素子の設置方向を変更することが可能になる。更に、上記各種光学素子を小型化することが可能となり、プロジェクション表示装置の小型化を図ることが可能になる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のようなプロジェクション表示装置の構成では、色合成光学系として、ダイクロイックプリズムまたはダイクロイックミラー等の光学素子を配置する場合がある。また、反射式空間光変調素子等を使用するのに際しては、偏光ビームスプリッタープリズムまたは偏光ビームスプリッターミラー等の光学素子を配置する場合がある。このような場合、空間光変調素子等から投射レンズの最後端までの距離に相当する、いわゆるバックフォーカスは長めに確保しなければならない。

【0005】また、プロジェクション表示装置として、透過型のスクリーン全体に拡大画像を形成する場合、プロジェクション表示装置自体の小型化のためには、投射距離を短縮する必要がある。そのためには、投射レンズを広角化し、拡大側の出射光の発散角を大きくして大画面を得る必要がある。また、画像光が投射されるスクリーン上の色ムラを少なくするためには、色合成光学系に用いるダイクロイックプリズム、ダイクロイックミラーをはじめ、反射式空間光変調素子等を使用する際に用いられる偏光ビームスプリッタープリズムまたは偏光ビームスプリッターミラー等としては、これらのコート面に当る光線角度幅が全域に亘って一定であるほうが良い。従って、投射レンズの軸外の主光線が空間光変調素子等に垂直となるようにテレセントリック性を有することが必要となる。

【0006】また、空間光変調素子等には、通常LCD等のディスプレイデバイスが採用されるが、LCDはマトリックス電極を用いて駆動されるため、電氣的に投射像の歪曲を補正することは困難である。このような事情からすれば、投射レンズの歪曲収差はできる限り小さいことが望ましい。しかしながら、このことは、投射レンズの広角化や長いバックフォーカスを得ることに對して

(3)

障害となるものである。つまり、投射レンズとして、歪曲収差の除去、広角化及び長いバックフォーカスを確保したうえで、テレセントリック性を与えると、レンズ全長が長くなったり、レンズ径などが大きくなったりする傾向を有することが分かっている。また、一眼レフカメラ用の広角系の写真レンズやCRTによるプロジェクションテレビ用の投射レンズでは、バックフォーカスが不十分であり、軸外光束の入射角や射出角がきついため、テレセントリック性が無く、光量も少なくなっているのが現状である。

【0007】更に、近年においては、空間光変調素子等の高精細化に対応して、高解像のレンズが求められているが、レンズの高解像化に伴い、画面周辺部での倍率色収差による画素の色ずれが問題になってきている。また、プロジェクション表示装置では、投影レンズやプロジェクション装置の製造誤差等によりスクリーン上に所望の拡大像が得られない場合があり、投影レンズにて投影倍率を調整し、所望の投影倍率に調整する必要がある。

【0008】更に、プロジェクション表示装置では、スクリーンサイズの異なる筐体であっても、投射レンズとスクリーンとの投射距離を調整することにより、同じ投射レンズを使用することができる。このとき、スクリーンに集光する各光線角度の微少な違いにより収差が発生するため、この収差ができるだけ小さくなるように調整してやる必要がある。

【0009】また、投影レンズ内に光路変更手段を設けることにより、プロジェクション表示装置として、表示装置内における投射装置の筐体の配置方向や、投射装置内部の色分離から色合成までの各種光学素子の設置方向を変更することが可能になる。更には、上記各種光学素子を小型化することが可能となり、プロジェクション表示装置の小型化を図ることが可能になる。

【0010】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、焦点調節が可能な投射レンズ系として全体繰り出し方式よりも有利とされる手法を採用した上で、広画角で且つ短距離投射であっても長いバックフォーカスと大きな軸外光量とテレセントリック性とを確保し、しかも歪曲収差を含む諸収差の小さい投射レンズ系を提供することを目的とする。また、製造誤差による投影倍率の変化を所望の倍率に調整することのできる投射レンズ系を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明では、拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群とを備え、前記第1レンズ群において、最も拡大側に配置された第1レンズが非球面を有し、空気換算時のバックフォーカスを $Bf$ とし、レンズ系全体の焦点距離を $f$ とし、前記第1レンズ群と前記第2レンズ

群との間隔の空気換算値を $D12$ とし、前記第1レンズ群の焦点距離を $f1$ としたとき、

$$4. \quad 0 < Bf / f$$

$$3. \quad 0 < D12 / f < 5. \quad 0$$

$$1. \quad 0 < |f1 / f| < 3. \quad 0$$

の条件を満足することを特徴とする投射レンズ系を提供する。

【0012】本発明の好ましい態様によれば、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の光路中には、前記第1レンズ群から前記第2レンズ群に至るべき光束の光路を変更するための光路変更手段が設けられている。また、共役長を一定としたとき、レンズ系全体を拡大側に移動させつつ、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との空気間隔を減少させることにより、投影倍率を高倍側から低倍側へ変化させることが好ましい。さらに、投影距離を変えて投影倍率を変化させるとき、レンズ系全体を移動させるとともに前記第1レンズ群の一部または全部を移動させてフォーカシングを行うことが好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】上述のように、本発明の投射レンズ系では、スクリーン側（拡大側）から順に、負屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群との2群構成としている。そして、第1レンズ群において最もスクリーン側に配置された第1レンズに非球面を導入することにより、全体繰り出し方式よりも有利とされるフォーカシング手法を採用した上で、広画角で且つ短距離投射であっても長いバックフォーカスと大きな軸外光量とテレセントリック性とを確保し、しかも歪曲収差を含む諸収差の小さい投射レンズ系を実現することが可能になっている。更に、製造誤差による投影倍率の変化を所望の倍率に調整することのできる投射レンズ系を実現することが可能になっている。

【0014】また、本発明の投射レンズ系では、第1レンズ群と第2レンズ群との間の光路中に、第1レンズ群から第2レンズ群に至るべき光束の光路を変更するための光路変更手段を設けることにより、プロジェクション表示装置内における投射装置の筐体の配置方向や、投射装置内部の色分離から色合成までの各種光学素子の設置方向を変更することが可能になる。更に、各種光学素子を小型化することが可能となり、プロジェクション表示装置の小型化を図ることが可能となる。

【0015】本発明の投射レンズ系では、投影距離を変えて投影倍率を変化させるとき、レンズ系全体を移動させるとともに第1レンズ群の一部または全部を移動させてフォーカシング（合焦）を行うことができる。さらに、共役長を一定としたとき、レンズ系全体をスクリーン側（拡大側）に移動させつつ、第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔を減少させることにより投影倍率を高倍側から低倍側へ変化させることができる。

【0016】本発明の投射レンズ系では、次の条件式

(4)

5

(1) ~ (3) を満足する。条件式 (1) ~ (3) において、 $Bf$  は空気換算時のバックフォーカスであり、 $f$  はレンズ系全体の焦点距離であり、 $D12$  は第1レンズ群と第2レンズ群との間隔の空気換算値であり、 $f1$  は第1レンズ群の焦点距離である。

$$【0017】 4. 0 < Bf / f \quad (1)$$

$$3. 0 < D12 / f < 5. 0 \quad (2)$$

$$1. 0 < |f1 / f| < 3. 0 \quad (3)$$

【0018】条件式 (1) は、十分なバックフォーカスを確保するとともに投射レンズ系の焦点距離を短くするための条件式であって、空気換算時のバックフォーカス  $Bf$  とレンズ系全体の焦点距離  $f$  との比について適切な範囲を規定している。条件式 (1) の範囲を逸脱すると、投射レンズ系と空間光変調素子等との間の光路中に色合成プリズム等や偏光ビームスプリッタープリズム等を挿入することが困難となるので不都合である。

【0019】条件式 (2) は、第1レンズ群と第2レンズ群との光軸に沿った空気間隔を良好に保つための条件式であって、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔の空気換算値  $D12$  とレンズ系全体の焦点距離  $f$  との比について適切な範囲を規定している。条件式 (2) の上限値を上回ると、光路変更手段を設けるのに十分な空気間隔を確保することはできるが、レンズ全長が大きくなり過ぎるので不都合である。一方、条件式 (2) の下限値を下回ると、光路変更手段を設けるのに必要な空気間隔を確保することができなくなるので不都合である。

【0020】条件式 (3) は、レンズ全系の大きさを良好に抑えるとともにバックフォーカスおよび光学性能を良好に保つための条件式であって、第1レンズ群の焦点距離  $f1$  とレンズ系全体の焦点距離  $f$  との比について適切な範囲を規定している。条件式 (3) の上限値を上回ると、レトロフォーカス型の構成が弱くなるため、バックフォーカスを長く保つのが困難となるので不都合である。また、条件式 (3) の下限値を下回ると、長いバックフォーカスを得ることができるが、非点収差や歪曲収差の発生が増大し、その補正が困難になるので不都合である。

【0021】本発明の投射レンズ系のような、スクリーン側から順に負屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなる2群構成のいわゆるレトロフォーカスタイプは、長いバックフォーカスの確保および広角化には有利であり、プロジェクション表示装置に使用する投射レンズ系としては適当であるが、負の歪曲収差の発生が大きく、その補正が困難であるという大きな課題であった。そこで、本発明の投射レンズ系において、スクリーン側から順に負屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群とからなる2群構成の第1レンズ群内に非球面を導入することにより、負の歪曲収差の補正を良好に行うことが可能となっている。

【0022】特に、スクリーン側に近いレンズに非球面

6

を導入する方が、歪曲収差の補正効果が高い。また、負屈折力の第1レンズ群のスクリーン側に正屈折力のレンズ群を配置して歪曲収差の補正を行う従来におけるレンズ径に比して、レンズの径方向の大きさを小さくすることが可能となり、レンズ系の小型化を達成することができ。後述するように、本発明の各実施例においても歪曲収差の補正効果の高い例として、第1レンズ群の最もスクリーン側に配置された第1レンズのスクリーン側の面に非球面を導入した例を示している。

【0023】また、プロジェクション表示装置では、一般にスクリーンと空間光変調素子等との位置関係は固定されており、スクリーン上に所望の拡大倍率の投影像を得るのに光軸方向の距離を機構的に変化させることは難しい。そこで、本発明では、投射レンズ系やプロジェクション表示装置の製造誤差等によりスクリーン上に所望の拡大倍率の投影像が得られない場合、共役長を一定として、つまりスクリーンと空間光変調素子等との距離を一定に保ったまま、レンズ系全体を拡大側（スクリーン側）に移動させつつ、負屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群との空気間隔を変化させることにより、光学性能を良好に保った状態で所望の拡大倍率を得ることが可能となっている。後述するように、本発明の全ての実施例において上述の変倍が可能である。

【0024】更に、プロジェクション表示装置では、一般にスクリーンサイズの異なる筐体であっても、投射レンズ系とスクリーンとの投射距離を調整することにより、同じ投射レンズ系を使用することができる。このとき、スクリーンに集光する各光線角度の微少な違いにより収差が発生するため、この収差ができるだけ小さくなるように調整してやる必要がある。本発明では、投影距離を変えて拡大倍率を変える場合、レンズ系全体を移動させるとともに、負屈折力の第1レンズ群の一部または全部を移動させてフォーカシングを行うことにより、光学性能を良好に保ったまま拡大倍率の変更を行うことができる。

【0025】後述するように、本発明の第1実施例および第2実施例では、レンズ系全体を光軸に沿って移動させるとともに、負屈折力の第1レンズ群の第1レンズと第2レンズとの空気間隔および負屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群との空気間隔を変化させて、フォーカシングを行っている。一方、第3実施例では、レンズ系全体を光軸に沿って移動させるとともに、負屈折力の第1レンズ群の第1レンズと第2レンズとの間隔を変化させて、フォーカシングを行っている。

【0026】また、一般に投影レンズ系内に光路変更手段を設けることにより、プロジェクション表示装置として、表示装置内における投射装置の筐体の配置方向や、投射装置内部の色分離から色合成までの各種光学素子の設置方向を変更することが可能になる。更に、上記各種光学素子を小型化することが可能となり、プロジェクシ

(5)

7

ョン表示装置の小型化を図ることが可能になる。本発明においても、負屈折力の第1レンズ群と正屈折力の第2レンズ群との間に光路変更手段を設けることにより、プロジェクション表示装置として、表示装置内における投射装置の筐体の配置方向や、投射装置内部の色分離から色合成までの各種光学素子の設置方向を変更することが可能になっている。更に、上記各種光学素子を小型化することが可能となり、プロジェクション表示装置の小型化を図ることが可能になっている。

【0027】後述するように、本発明の第1実施例では、光路変更手段としてミラー（平面鏡）を採用し、光路を90°変更する構造を示している。ミラーによる光路変更手段の場合、プリズムによる光路変更手段の場合と比較して、媒質が空気となるため光路が短くなってレンズ全長を短くすることができるとともに、プリズムの内部吸収による光量の損失を回避することが可能となる。また、ミラーとしては、金属ミラーを使用することが可能である。さらに、投射レンズ系においてP波またはS波の何れかを使用する場合には、P波またはS波を反射する誘電体膜を使用したミラー等を使用することが可能である。一方、第2実施例では、光路変更手段としてプリズムを採用し、光路を120°変更する構造を示している。プリズムによる光路変更手段の場合、ミラーによる光路変更手段の場合と比較して、媒質が硝子（光学材料）となるため光路を長くすることが可能となり、光路変更角を大きくすることが可能となる。なお、第3実施例では、光路変更手段を採用しない構造を示している。

【0028】

【実施例】以下、本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。各実施例において、本発明の投射レンズ系は、スクリーン側（拡大側）から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。そして、第1レンズ群G1において、最もスクリーン側に配置された第1レンズL11のスクリーン側の面が非球面状に形成されている。

【0029】また、各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸に沿った距離（サグ量）をzとし、頂点曲率半径をrとし、円錐係数をκとし、n次の非球面係数をC<sub>n</sub>としたとき、以下の数式（a）で表される。

【0030】

【数1】  $z = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/r^2)^{1/2}\} + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8$  (a)

各実施例において、非球面状に形成されたレンズ面には面番号の右側に\*印を付している。

【0031】〔第1実施例〕図1は、本発明の第1実施例にかかる投射レンズ系のレンズ構成を示す図である。

8

第1実施例の投射レンズ系において、第1レンズ群G1は、スクリーン側から順に、スクリーン側に非球面状の凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹レンズL12と、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13と、スクリーン側に凹面を向けた負メニスカスレンズL14とスクリーン側に凹面を向けた正メニスカスレンズL15との貼り合わせからなる接合レンズ（L14, L15）とから構成されている。

【0032】第2レンズ群G2は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL22との貼り合わせからなる接合レンズ（L21, L22）と、開口絞りASと、スクリーン側に弱い曲率の凸面を向けた両凸レンズL23とスクリーン側に強い曲率の凹面を向けた両凹レンズL24との貼り合わせからなる接合レンズ（L23, L24）と、スクリーン側に弱い曲率の凸面を向けた両凸レンズL25と、スクリーン側に弱い曲率の凹面を向けた両凹レンズL26とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL27との貼り合わせからなる接合レンズ（L26, L27）と、スクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL28とから構成されている。

【0033】なお、第1実施例では、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の光路中に、光路変更手段としてのミラー（平面鏡）Mが配置され、光路を90°変更している。また、第2レンズ群G2の縮小側には、すなわち第2レンズ群G2と空間光変調素子との間の光路中には、色合成光学系としての複数のプリズムが配置されている。さらに、レンズ系全体を光軸に沿って移動させるとともに、第1レンズ群G1の第1レンズL11と第2レンズL12との空気間隔（d2）および第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔（d9）を変化させて、フォーカシングを行っている。また、レンズ系全体をスクリーン側に移動させつつ、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔（d9）を変化させることにより、変倍を行っている。

【0034】次の表（1）に、本発明の第1実施例にかかる投射レンズ系の諸元の値を掲げる。表（1）の全体諸元において、fは投射レンズ系の焦点距離を、FNOはFナンバーを、ωは半画角を、Bfは空気換算時のバックフォーカスをそれぞれ表している。また、表（1）のレンズ諸元において、第1カラムはスクリーン側からの面の番号を、第2カラムのrは各面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径）を、第3カラムのdは各面の次の面までの間隔を、第4カラムのnは基準波長であるe線（λ=546.07nm）に対する屈折率を、第5カラムのνはアッペ数をそれぞれ示し、空気の屈折率1.0は省略してある。以降の表（2）および（3）においても、上述の表記は同様である。

【0035】

(6)

9

10

【表1】

(全体諸元)

 $f = 12.53$  $FNO = 2.93$  $\omega = 40.09$  $Bf = 52.35$ 

(レンズ諸元)

面番号	r	d	n	v	
1*	5000.000	8.00	1.49290	57.1	(L 1 1)
2	331.058	(d2=可変)	10		
3	-1543.299	3.00	1.61520	58.7	(L 1 2)
4	42.178	22.50			
5	94.147	3.00	1.61520	58.7	(L 1 3)
6	25.843	8.00			
7	-44.983	3.00	1.80811	46.5	(L 1 4)
8	-380.525	6.00	1.76167	27.5	(L 1 5)
9	-51.938	(d9=可変)			
10	73.183	2.00	1.77621	49.6	(L 2 1)
11	27.256	6.00	1.72538	34.7	(L 2 2)
12	-267.261	2.90	20		
13	$\infty$	21.80	(開口絞りAS)		
14	86.512	6.50	1.49845	81.6	(L 2 3)
15	-20.994	2.00	1.80811	46.5	(L 2 4)
16	56.494	4.00			
17	60.747	10.00	1.48915	70.2	(L 2 5)
18	-28.021	2.90			
19	-227.657	2.00	1.77621	49.6	(L 2 6)
20	31.799	10.50	1.49845	81.6	(L 2 7)
21	-54.947	3.40			
22	46.651	8.00	1.48915	70.2	(L 2 8)
23	-133.128	(d23=可変)			
24	$\infty$	35.50	1.51872	64.1	
25	$\infty$	23.00	1.84668	24.0	
26	$\infty$	1.66			
27	$\infty$	2.70	1.51872	64.1	
28	$\infty$				

(非球面係数)

1面

 $\kappa = 1.0000$  $C_4 = 2.7105 \times 10^{-6}$  $C_6 = -7.4595 \times 10^{-10}$  $C_8 = 2.0675 \times 10^{-13}$ 

(変倍時の面間隔)

	基準値		
投影倍率	73.21	71.89	70.57
d 2	6.00	6.00	6.00
d 9	50.33	48.00	45.76
d 2 3	8.84	9.44	10.05

(7)

11

(フォーカシング時の面間隔)

		基準値	
投影倍率	48.17	71.89	83.75
d 2	6.40	6.00	5.90
d 9	47.10	48.00	48.80
d 2 3	9.77	9.44	9.21

(条件式対応値)

(1)  $Bf/f = 4.18$ (2)  $D12/f = 3.83$ (3)  $|f1/f| = 1.95$ 

10

【0036】図2～図6は、第1実施例の諸収差図である。すなわち、図2は基準の投影倍率である投影倍率71.89倍時の諸収差図を、図3は投影倍率48.17倍時の諸収差図を、図4は投影倍率83.75倍時の諸収差図を、図5は投影倍率73.21倍時の諸収差図を、図6は投影倍率70.57倍時の諸収差図をそれぞれ示している。

【0037】各収差図において、NAは空間光変調素子側の開口数を、Yは空間光変調素子の像高を、eはe線 ( $\lambda = 546.07 \text{ nm}$ ) を、CはC線 ( $\lambda = 656.28 \text{ nm}$ ) を、FはF線 ( $\lambda = 486.13 \text{ nm}$ ) をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。以降の収差図8～12および収差図14～18においても、上述の表記は同様である。各収差図から明らかなように、第1実施例では、基準値の状態、変倍を行った状態、およびフォーカシングを行った状態において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0038】〔第2実施例〕図7は、本発明の第2実施例にかかる投射レンズ系のレンズ構成を示す図である。第2実施例の投射レンズ系において、第1レンズ群G1は、スクリーン側から順に、スクリーン側に非球面状の凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13と、両凹レンズL14とスクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15との貼り合わせからなる接合レンズ(L14, L15)とから構成されている。

【0039】第2レンズ群G2は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL\*

(全体諸元)

 $f = 12.38$  $FNO = 2.91$  $\omega = 40.97$  $Bf = 54.31$ 

(レンズ諸元)

面番号	r	d	n	v
1*	-5193.789	9.00	1.49290	57.1 (L11)

12

\* 21とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL22との貼り合わせからなる接合レンズ(L21, L22)と、開口絞りASと、スクリーン側に弱い曲率の凸面を向けた両凸レンズL23とスクリーン側に強い曲率の凹面を向けた両凹レンズL24との貼り合わせからなる接合レンズ(L23, L24)と、スクリーン側に弱い曲率の凸面を向けた両凸レンズL25と、スクリーン側に弱い曲率の凹面を向けた両凹レンズL26とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL27との貼り合わせからなる接合レンズ(L26, L27)と、スクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL28とから構成されている。

【0040】なお、第2実施例では、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の光路中に、光路変更手段としてのプリズムPが配置され、光路を120°変更している。また、第1実施例と同様に、第2レンズ群G2の縮小側には、すなわち第2レンズ群G2と空間光変調素子との間の光路中には、色合成光学系としての複数のプリズムが配置されている。さらに、第1実施例と同様に、レンズ系全体を光軸に沿って移動させるとともに、第1レンズ群G1の第1レンズL11と第2レンズL12との空気間隔(d2)および第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔(d9)を変化させて、フォーカシングを行っている。また、第1実施例と同様に、レンズ系全体をスクリーン側に移動させつつ、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔(d9)を変化させることにより、変倍を行っている。次の表(2)に、本発明の第2実施例にかかる投射レンズ系の諸元の値を掲げる。

【0041】

【表2】

(8)

13

14

2	121.677	(d2=可変)			
3	807.816	3.00	1.65141	53.0	(L 1 2)
4	74.148	17.50			
5	61.357	3.00	1.61520	58.7	(L 1 3)
6	24.608	9.20			
7	-170.584	3.00	1.77621	49.6	(L 1 4)
8	25.717	10.00	1.72733	29.2	(L 1 5)
9	224.817	(d9=可変)			
10	$\infty$	50.50	1.51872	64.1	(P)
11	$\infty$	4.00	10		
12	45.790	2.00	1.77621	49.6	(L 2 1)
13	17.611	5.00	1.59667	35.3	(L 2 2)
14	-430.954	2.90			
15	$\infty$	20.30	(開口絞り A S)		
16	105.725	5.50	1.48915	70.2	(L 2 3)
17	-49.089	2.00	1.80811	46.5	(L 2 4)
18	54.686	4.00			
19	58.982	10.00	1.49845	81.6	(L 2 5)
20	-31.590	2.90			
21	-607.242	2.00	1.77621	49.6	(L 2 6)
22	30.825	11.00	1.49845	81.6	(L 2 7)
23	-63.371	3.40			
24	43.897	10.00	1.49845	81.6	(L 2 8)
25	-399.180	(d25=可変)			
26	$\infty$	35.50	1.51872	64.1	
27	$\infty$	23.00	1.84668	24.0	
28	$\infty$	2.50			
29	$\infty$	2.70	1.51872	64.1	
30	$\infty$				

(非球面係数)

30

1面

$$\kappa = 1.0000$$

$$C_4 = 2.7143 \times 10^{-6}$$

$$C_6 = -7.4345 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = 2.0710 \times 10^{-13}$$

(変倍時の面間隔)

		基準値	
投影倍率	73.36	71.99	70.67
d 2	5.00	5.00	5.00
d 9	7.87	6.00	4.21
d 2 5	8.38	9.00	9.62

(フォーカシング時の面間隔)

		基準値	
投影倍率	48.48	71.99	94.16
d 2	5.70	5.00	4.80
d 9	5.60	6.00	6.80
d 2 5	9.22	9.00	8.69



(9)

15

(条件式対応値)

(1)  $Bf/f = 4.39$

(2)  $D12/f = 3.46$

(3)  $|f1/f| = 2.07$

【0042】図8～図12は、第2実施例の諸収差図である。すなわち、図8は基準の投影倍率である投影倍率71.99倍時の諸収差図を、図9は投影倍率48.48倍時の諸収差図を、図10は投影倍率94.16倍時の諸収差図を、図11は投影倍率73.36倍時の諸収差図を、図12は投影倍率70.67倍時の諸収差図をそれぞれ示している。各収差図から明らかなように、第2実施例においても第1実施例と同様に、基準値の状態、変倍を行った状態、およびフォーカシングを行った状態において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0043】〔第3実施例〕図13は、本発明の第3実施例にかかる投射レンズ系のレンズ構成を示す図である。第3実施例の投射レンズ系において、第1レンズ群G1は、スクリーン側から順に、スクリーン側に非球面状の凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、スクリーン側に弱い曲率の凹面を向けた両凹レンズL12と、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13と、スクリーン側に弱い曲率の凹面を向けた両凹レンズL14とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL15との貼り合わせからなる接合レンズ(L14, L15)とから構成されている。

【0044】第2レンズ群G2は、スクリーン側から順に、スクリーン側に弱い曲率の凸面を向けた両凸レンズL21とスクリーン側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22との貼り合わせからなる接合レンズ(L21, L22)と、開口絞りASと、スクリーン側に弱い曲率の凹面を向けた両凹レンズL23とスクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24との貼り合わせから

(全体諸元)

$f = 12.37$

$FNO = 3.24$

$\omega = 40.44$

$Bf = 52.27$

(レンズ諸元)

面番号	r	d	n	v	
1*	435.529	6.00	1.49290	57.1	(L11)
2	55.697	(d2=可変)			
3	-1260.152	3.00	1.51872	64.1	(L12)
4	52.205	29.94			
5	179.961	3.00	1.62287	60.2	(L13)
6	43.973	9.99			
7	-108.989	2.00	1.69978	55.6	(L14)
8	75.159	8.00	1.72733	29.2	(L15)
9	-166.003	(d9=可変)			
10	73.795	5.00	1.59903	35.5	(L21)

16

\*なる接合レンズ(L23, L24)と、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL25とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL26との貼り合わせからなる接合レンズ(L25, L26)と、スクリーン側に弱い曲率の凹面を向けた両凹レンズL27とスクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL28との貼り合わせからなる接合レンズ(L27, L28)と、スクリーン側に強い曲率の凸面を向けた両凸レンズL29と、スクリーン側に凹面を向けた負メニスカスレンズL210とから構成されている。

【0045】なお、第3実施例では、第1実施例および第2実施例とは異なり、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の光路中に光路変更手段は配置されていない。しかしながら、第1実施例および第2実施例と同様に、第2レンズ群G2の縮小側には、すなわち第2レンズ群G2と空間光変調素子との間の光路中には、色合成光学系としての複数のプリズムが配置されている。さらに、第1実施例および第2実施例とは異なり、レンズ系全体を光軸に沿って移動させるとともに、第1レンズ群G1の第1レンズL11と第2レンズL12との空気間隔(d2)を変化させて、フォーカシングを行っている。また、第1実施例および第2実施例と同様に、レンズ系全体をスクリーン側に移動させつつ、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔(d9)を変化させることにより、変倍を行っている。次の表(3)に、本発明の第3実施例にかかる投射レンズ系の諸元の値を掲げる。

【0046】

【表3】

(10)

17				18
11	-23.025	1.20	1.77621	49.6 (L 2 2)
12	-77.804	2.90		
13	$\infty$	20.30	(開口絞りAS)	
14	-152.862	2.00	1.80085	45.3 (L 2 3)
15	37.482	4.50	1.48914	70.4 (L 2 4)
16	90.114	4.00		
17	49.649	2.00	1.77621	49.6 (L 2 5)
18	41.021	8.00	1.49845	81.6 (L 2 6)
19	-41.285	2.80		
20	-389.673	2.00	1.80401	42.2 (L 2 7)
21	34.438	9.00	1.49845	81.6 (L 2 8)
22	-53.185	3.40		
23	54.098	6.00	1.49845	81.6 (L 2 9)
24	-97.648	2.30		
25	-53.319	6.00	1.48914	70.4 (L 2 10)
26	-60.618	(d26=可変)		
27	$\infty$	35.50	1.51872	64.1
28	$\infty$	23.00	1.84668	24.0
29	$\infty$	2.50		
30	$\infty$	2.70	1.51872	64.1
31	$\infty$			

(非球面係数)

1面

$$\kappa = 1.0000$$

$$C_4 = 2.4042 \times 10^{-6}$$

$$C_6 = -5.7580 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = 1.8996 \times 10^{-13}$$

(変倍時の面間隔)

		基準値 <sup>30</sup>	
投影倍率	73.37	72.05	70.77
d 2	9.70	9.70	9.70
d 9	52.37	50.00	47.72
d 2 6	6.37	6.92	7.47

(フォーカシング時の面間隔)

		基準値	
投影倍率	48.36	72.05	83.89
d 2	10.50	9.70	9.50
d 9	50.00	50.00	50.00
d 2 6	7.00	6.92	6.90

(条件式対応値)

$$(1) Bf/f = 4.22$$

$$(2) D12/f = 4.04$$

$$(3) |f1/f| = 2.07$$

【0047】図14～図18は、第3実施例の諸収差図である。すなわち、図14は基準の投影倍率である投影倍率72.05倍時の諸収差図を、図15は投影倍率48.36倍時の諸収差図を、図16は投影倍率83.8

9倍時の諸収差図を、図17は投影倍率73.37倍時の諸収差図を、図18は投影倍率70.77倍時の諸収差図をそれぞれ示している。各収差図から明らかなように、第3実施例においても第1実施例および第2実施例

(11)

19

と同様に、基準値の状態、変倍を行った状態、およびフォーカシングを行った状態において、諸収差が良好に補正されていることがわかる。

#### 【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、広角で且つ投射距離が短く、バックフォーカスが長く、良好なテレセントリック性を有する投射レンズ系を実現することができる。特に、液晶パネルを用いた投射装置では高コントラストで投射することができ、更には歪曲収差等をはじめとする諸収差が小さく、内部で光路変更を行うことのできる投射レンズ系を実現することができる。そして、例えば本発明の光路変更手段を備えた投射レンズを、空間光変調素子等を利用した投射装置に適用してプロジェクション表示装置を構成した場合には、それだけ奥行きなどの小さい薄型で小型の装置が得られるとともに、良好な画質も期待されることになる。

【0049】また、各レンズ群を光軸方向に沿って移動させて焦点調整（フォーカシング）を行うことにより、良好な表示画像が得られる。つまり、いわゆる全体繰り出し方式のフォーカシングを採用した場合のように、スクリーン上の画像中心がずれる現象を招くことなく、容易に焦点調整作業を行うことができることになり、異なるスクリーンサイズのプロジェクション表示装置に本発明の投射レンズ系を採用した場合でも良好な表示画像が得られる。また、各レンズ群を光軸方向に沿って移動させて変倍を行うようにすることにより、投射レンズ系やプロジェクション表示装置の製造誤差の影響を吸収することが可能となり、表示装置のコスト削減および調整作業時間の短縮が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例にかかる投射レンズ系のレンズ構成を示す図である。

【図2】第1実施例において基準の投影倍率である投影倍率7.1. 89倍時の諸収差図を示す図である。

【図3】第1実施例において投影倍率4.8. 17倍時の諸収差図を示す図である。

【図4】第1実施例において投影倍率8.3. 7.5倍時の

20

諸収差図を示す図である。

【図5】第1実施例において投影倍率7.3. 21倍時の諸収差図を示す図である。

【図6】第1実施例において投影倍率7.0. 57倍時の諸収差図を示す図である。

【図7】本発明の第2実施例にかかる投射レンズ系のレンズ構成を示す図である。

【図8】第2実施例において基準の投影倍率である投影倍率7.1. 99倍時の諸収差図を示す図である。

10 【図9】第2実施例において投影倍率4.8. 48倍時の諸収差図を示す図である。

【図10】第2実施例において投影倍率9.4. 16倍時の諸収差図を示す図である。

【図11】第2実施例において投影倍率7.3. 36倍時の諸収差図を示す図である。

【図12】第2実施例において投影倍率7.0. 67倍時の諸収差図を示す図である。

【図13】本発明の第3実施例にかかる投射レンズ系のレンズ構成を示す図である。

20 【図14】第3実施例において基準の投影倍率である投影倍率7.2. 05倍時の諸収差図を示す図である。

【図15】第3実施例において投影倍率4.8. 36倍時の諸収差図を示す図である。

【図16】第3実施例において投影倍率8.3. 89倍時の諸収差図を示す図である。

【図17】第3実施例において投影倍率7.3. 37倍時の諸収差図を示す図である。

【図18】第3実施例において投影倍率7.0. 77倍時の諸収差図を示す図である。

#### 30 【符号の説明】

G1 第1レンズ群

G2 第2レンズ群

M ミラー

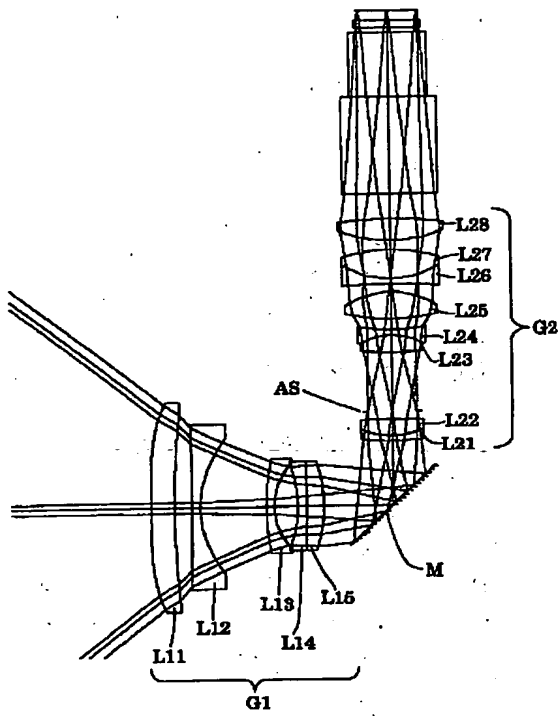
P プリズム

AS 開口絞り

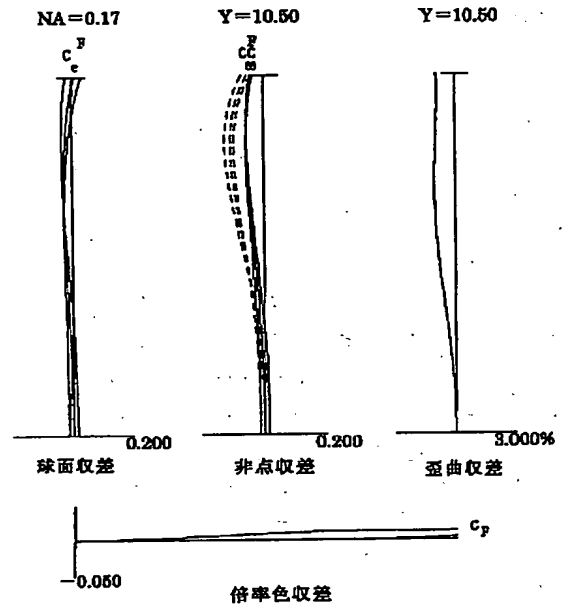
Li 各レンズ

(12)

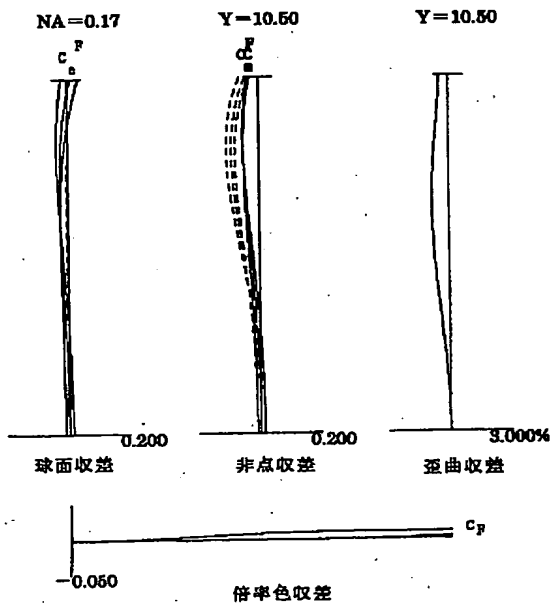
【図1】



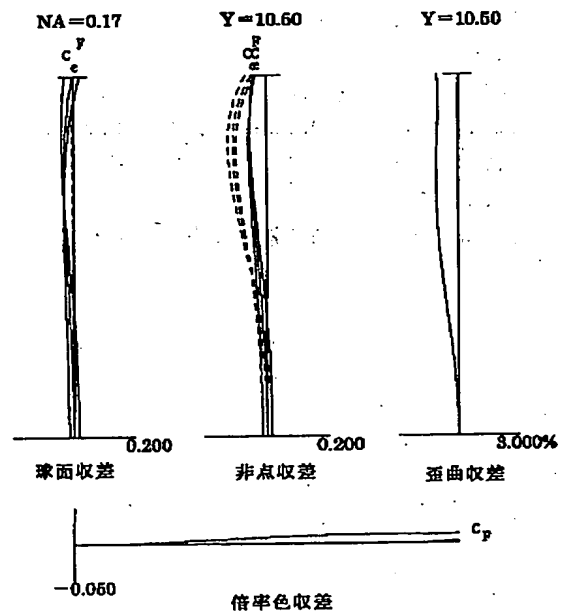
【図2】



【図3】

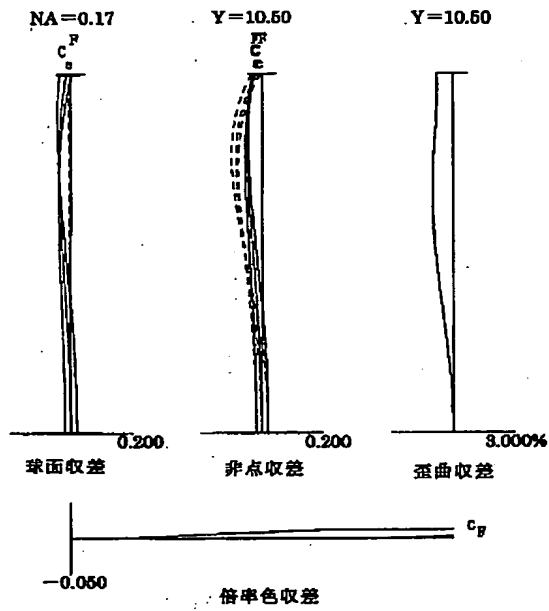


【図4】

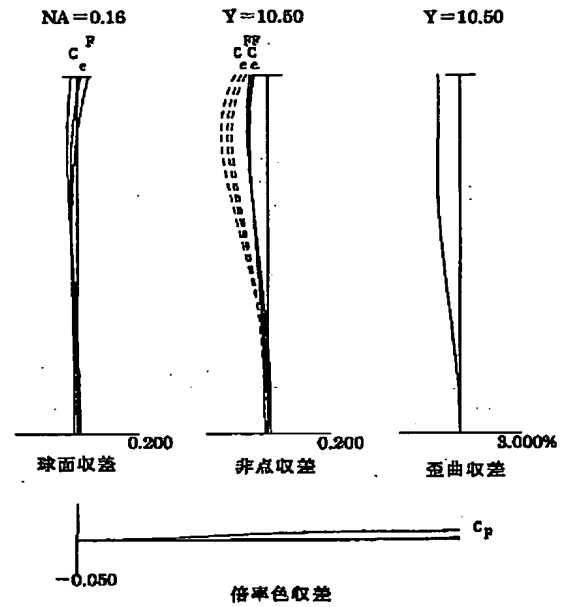


(13)

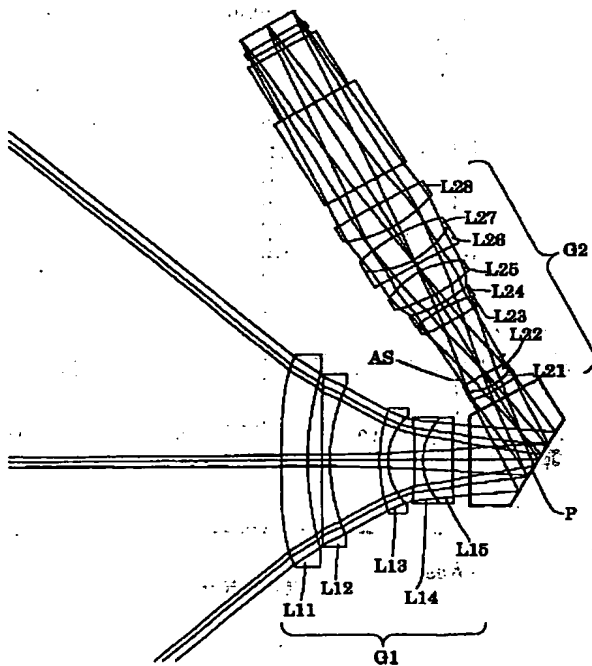
【図5】



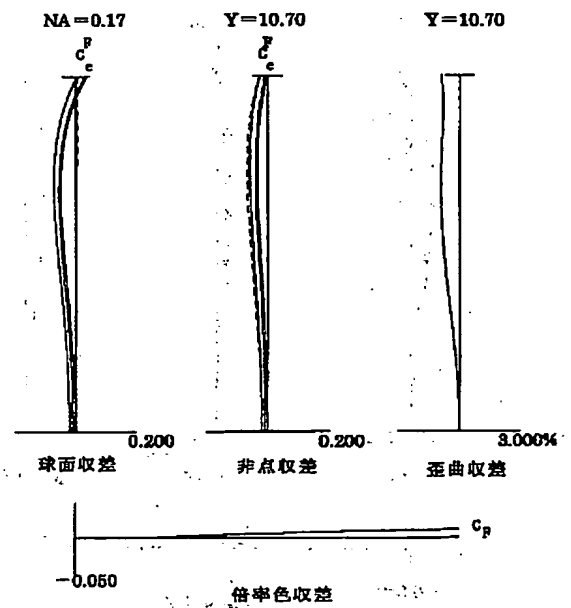
【図6】



【図7】

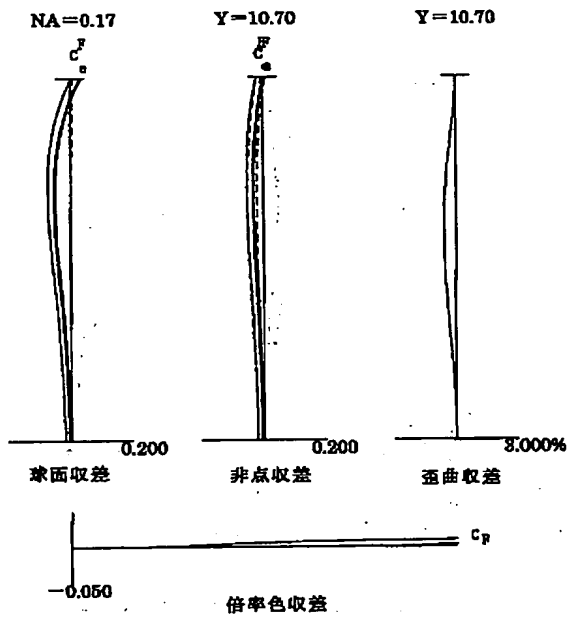


【図8】

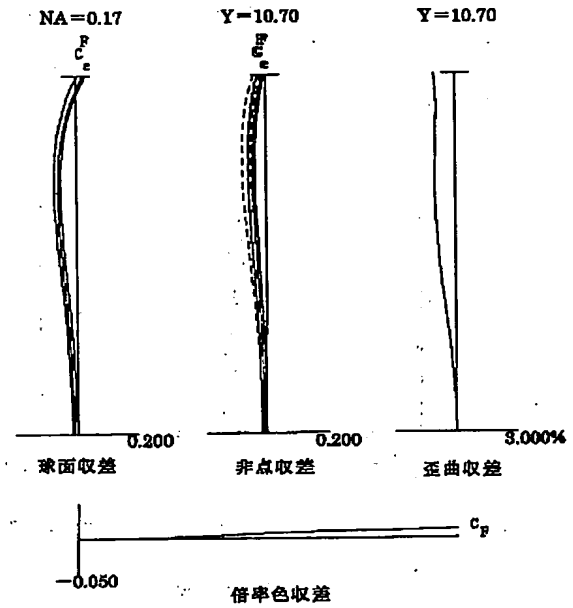


(14)

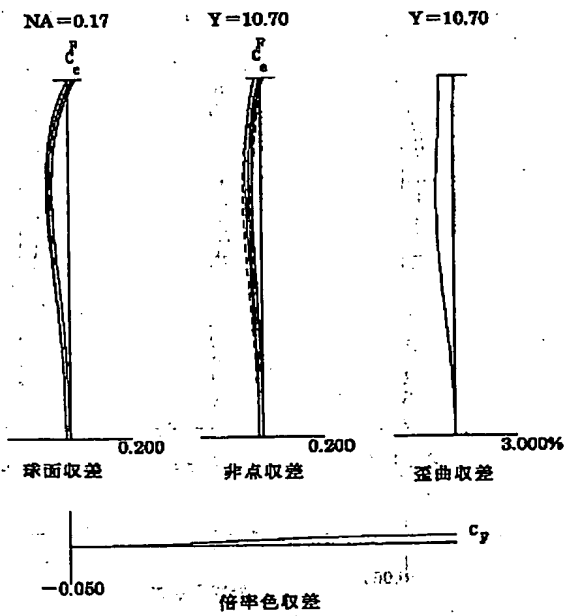
【図9】



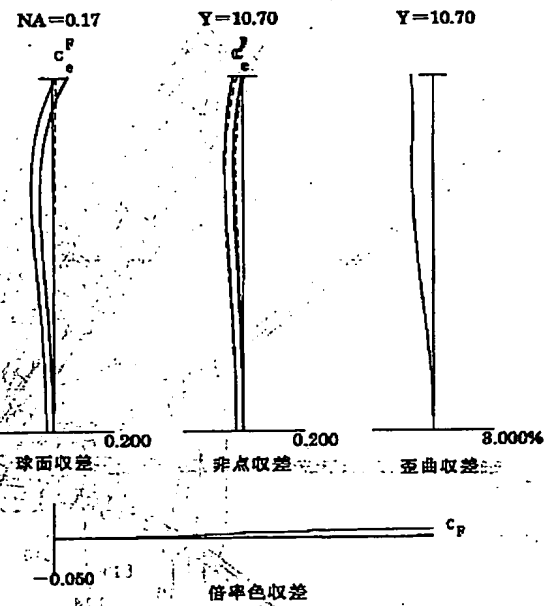
【図10】



【図11】



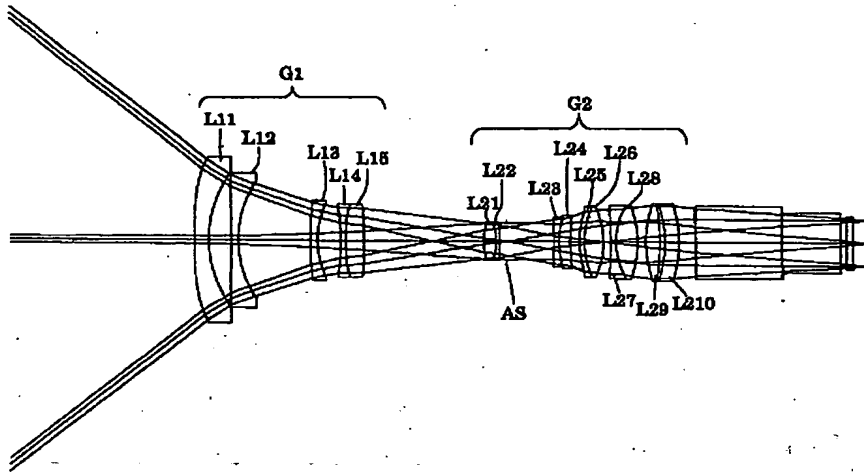
【図12】



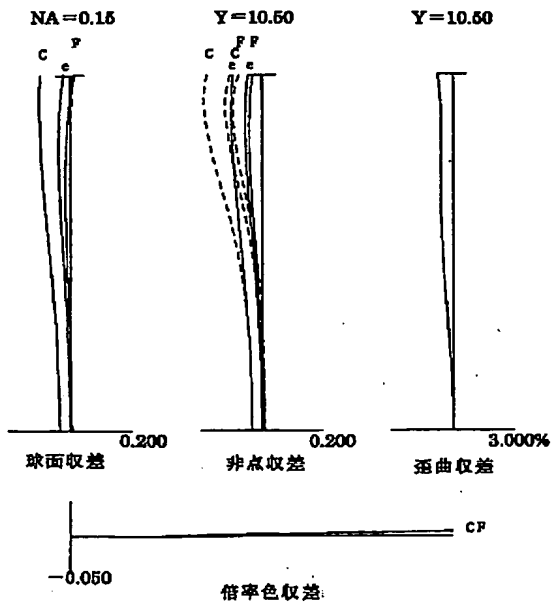
BEST AVAILABLE COPY

(15)

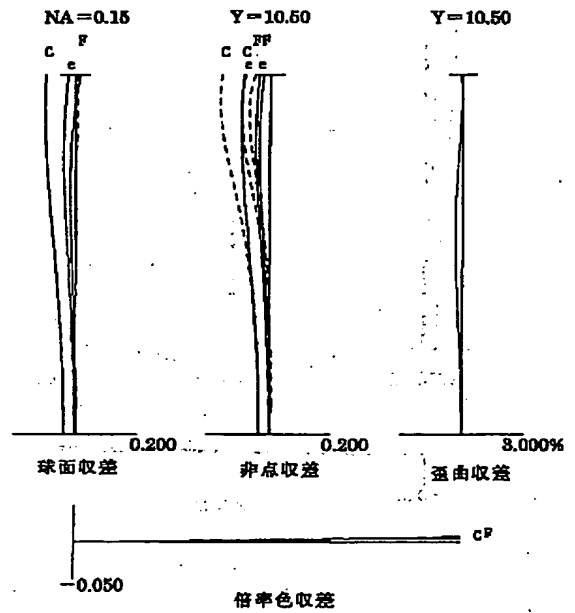
【図13】



【図14】

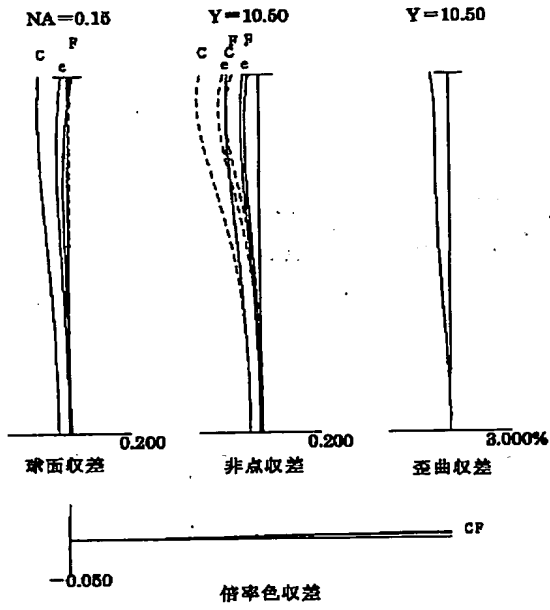


【図15】

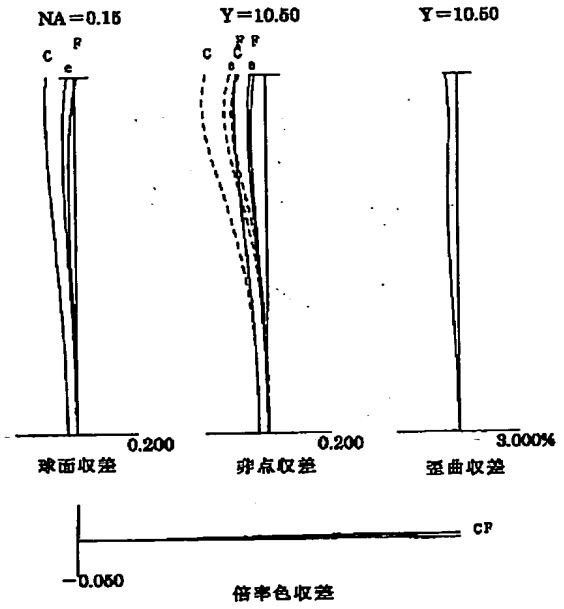


(16)

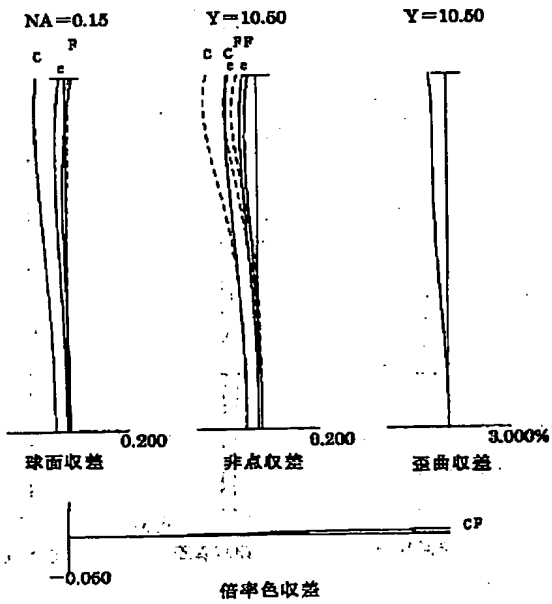
【図16】



【図17】



【図18】





(17)

フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA06 LA03 MA09 MA15 NA02  
PA09 PA10 PA16 PB13 PB15  
QA02 QA03 QA07 QA17 QA19  
QA22 QA26 QA34 QA37 QA41  
QA45 QA46 RA05 RA12 RA13  
RA32 RA36 RA41 RA42 SA07  
SA09 SA62 SA63 SB06 SB11  
TA03